



T S2/5/1

2/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI  
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012604180 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1999-410284/199935

XRPX Acc No: N99-306646

**Illumination device in projection exposure system in manufacturing  
apparatus of integrated chip, large scale integrated chip - has beam  
mixture unit to handle divided beam released at predefined angle from  
beam splitter**

Patent Assignee: CANON KK (CANO )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 11162837	A	19990618	JP 97342187	A	19971127	199935 B

Priority Applications (No Type Date): JP 97342187 A 19971127

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 11162837	A		11	H01L-021/027	

Abstract (Basic): JP 11162837 A

NOVELTY - A beam from a light source (1) is divided by a beam splitter. The divided beams are released at a fixed released angle and are bundled by a beam mixture unit (4) containing two or more optical pipes. The light beams are emitted at an angle depending on the release angle.

USE - For illumination in projection exposure system in manufacturing apparatus of liquid crystal panel, integrated chip, magnetic head, large scale integrated chip, CCD.

ADVANTAGE - By maintaining the reflection frequency, the illumination on the irradiated surface is equalized, therefore transmittance is also raised simultaneously with improved condensing efficiency. Even when there is a fluctuation of the light beam, the illumination on the irradiated surface can be made uniform by setting the beam projection angle to a desired value. DESCRIPTION OF DRAWING(S)  
- The figure depicts the principle parts of the illumination device.  
(1) Light source; (4) Beam mixture unit.

Dwg.1/10

Title Terms: ILLUMINATE; DEVICE; PROJECT; EXPOSE; SYSTEM; MANUFACTURE;  
APPARATUS; INTEGRATE; CHIP; SCALE; INTEGRATE; CHIP; BEAM; MIXTURE; UNIT;  
HANDLE; DIVIDE; BEAM; RELEASE; PREDEFINED; ANGLE; BEAM; SPLIT

Derwent Class: P84; U11

International Patent Class (Main): H01L-021/027

International Patent Class (Additional): G03F-007/20

File Segment: EPI; EngPI

?

(11)特許出願公開番号

特開平11-162837

(43)公開日 平成11年(1999)6月18日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

FI

H0 1 L 21/027

H0 1 L 21/30

5 1 5 D

G O 3 F 7/20

5 2 1

G O 3 F 7/20

5 2 1

審査請求 未請求 請求項の数11 FD (全 11 頁)

(21)出願番号

特願平9-342187

(22) 出願目

平成9年(1997)11月27日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 發明者 辻 俊彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

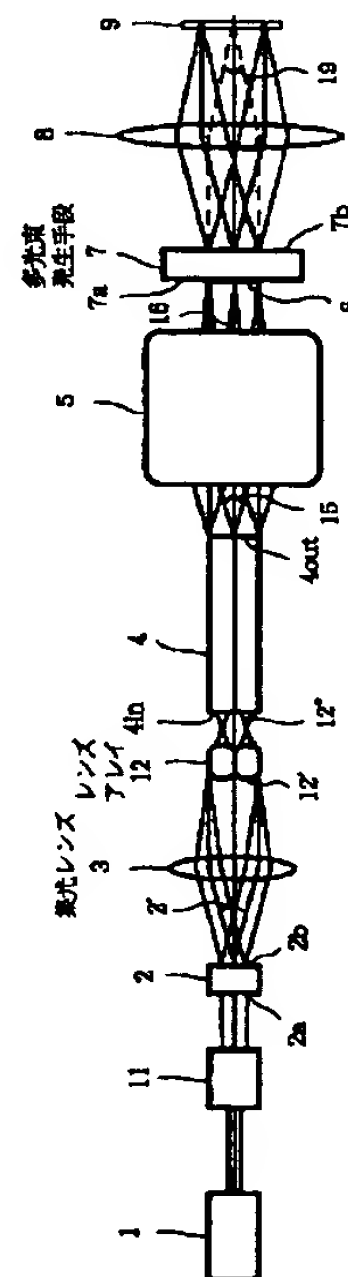
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54) 【発明の名称】 照明装置及びそれを用いた投影露光装置

(57) 【要約】

【課題】 被照射面を照明光束の有効利用を図りつつ、均一に照明することができ、半導体デバイスの製造に好適な照明装置及びそれを用いた投影露光装置を得ること。

【解決手段】 光源と、光源からの光束を複数の光束に分割する光束分割素子と、光束分割素子から一定の発散角度で発散した複数の光束を各々混合し、該発散角度に応じた角度で射出する光パイプを複数個、束ねた光束混合手段と、該光束混合手段からの複数の光束で照射面を照明する光学手段を有していること。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源と、光源からの光束を複数の光束に分割する光束分割素子と、光束分割素子から一定の発散角度で発散した複数の光束を各々混合し、該発散角度に応じた角度で射出する光パイプを複数個、束ねた光束混合手段と、該光束混合手段からの複数の光束で照射面を照明する光学手段を有していることを特徴とする照明装置。

【請求項2】 光源と該光源からの光束を一定の発散角度で射出する射出角度保存光学素子と、該射出角度保存光学素子からの光束を集光する集光光学系と、該集光光学系からの光束を複数の光束に分割する光束分割素子と、該光束分割素子からの複数の光束を混合する光パイプを複数個、束ねた光束混合手段と、該光束混合手段からの光束を所定面上に所望の倍率で投影するズーム光学系と、該ズーム光学系からの光束を多光束に分割する多光束発生手段、そして、該多光束発生手段からの光束を照射面上に重ね合わせて照射する照明手段とを有していることを特徴とする照明装置。

【請求項3】 光源と、該光源からの光束を複数の光束に分割する光束分割素子と、該光束分割素子からの複数の光束を集光する集光光学系と、該集光光学系からの複数の光束を混合する光パイプを複数個、束ねた光束混合手段と、該光束混合手段からの光束を所定面上に所望の倍率で投影するズーム光学系と、該ズーム光学系からの光束を多光束に分割する多光束発生手段、そして、該多光束発生手段からの光束を照射面上に重ね合わせて照射する照明手段とを有していることを特徴とする照明装置。

【請求項4】 前記ズーム光学系によって前記光束混合手段からの光束を前記多光束発生手段へ投影するときの投影倍率の変化に基づいて、前記光束分割素子を射出角度の異なる光束分割素子に切り替えて、前記多光束発生手段への入射光束の開口数を調整していることを特徴とする請求項1又は2の照明装置。

【請求項5】 前記射出角度保存光学素子は複数の微小レンズを2次元的に配列したハエの目レンズより成っていることを特徴とする請求項1の照明装置。

【請求項6】 前記光束混合手段は、入射光束を内側反射面を利用して複数の光源虚像を形成し、該複数の光源虚像からの光束が射出面近傍で重なるようにした光パイプを複数個、束ねて構成していることを特徴とする請求項1又は2の照明装置。

【請求項7】 前記光束分割素子は、複数の微小レンズを2次元的に配列したレンズアレイより成っていることを特徴とする請求項1の照明装置。

【請求項8】 前記ズーム光学系によって前記光束混合手段からの光束を前記多光束発生手段へ投影するときの投影倍率の変化に基づいて、前記光束分割素子への入射光束径の大きさを切り替えて、前記多光束発生手段への

入射光束の開口数を調整していることを特徴とする請求項1又は2の照明装置。

【請求項9】 前記光束分割素子は、回折光学素子より成っていることを特徴とする請求項3の照明装置。

【請求項10】 請求項1～9のいずれか1項記載の照明装置からの光束によって照明された被照射面上に設けた第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影していることを特徴とする投影露光装置。

【請求項11】 請求項1～9のいずれか1項記載の照明装置からの光束によりレチクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系によりウエハ面上に投影し、露光した後に該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は照明装置及びそれを用いた投影露光装置に関し、例えばIC、LSI、CCD、液晶パネル、磁気ヘッド等の各種のデバイスの製造装置である、所謂ステッパーにおいて、照明装置からの真空紫外域の露光光で均一照明したフォトマスクやレチクル等の原版（以下「レチクル」という）上の回路パターンを感光剤を塗布したウエハ面上に投影転写し、デバイスを製造する際に好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】半導体素子の製造用の投影露光装置では、照明系からの光束で電子回路パターンを形成したレチクルを照射し、該パターンを投影光学系でウエハ面上に投影露光している。この際、高解像力化を図る為の一要件としてウエハ面上を均一に照射することがある。

【0003】この種の投影露光装置で用いられる照明装置では、従来より照射面（レチクル面又はウエハ面）を均一に照射するための種々の方法がとられている。例えば、ステッパーと呼ばれる投影露光装置では、コリメータレンズと複数の微小レンズを所定のピッチで配列したオプティカルインテグレータとを組み合わせた照明系を用いて、被照射面を均一に照射している。

【0004】照明装置に、このようなオプティカルインテグレータを用いることにより、微小レンズの個数に相当するだけの複数の2次光源を形成し、該2次光源からの光束で被照射面を複数の方向から重畳して照明して、照度分布の均一化を図っている。

【0005】又、この照度分布の均一性を内面反射型のインテグレータと振幅分割型のインテグレータとを用いて向上させた照明装置が、例えば、特開昭64-193号公報や特開平1-295216号公報や特開平1-271718号公報や特開平2-48627号公報等で提案されている。

【0006】図10は本出願人が先に特願平9-69671号で提案した内面反射型及び振幅分割型の各インテ

グレータを用いる照明装置の部分的概略図である。

【0007】同図において、レーザー光源101を発したレーザー光は、レンズ系107により内面反射型インテグレートである光パイプ110の光入射面のわずかな手前に一旦収束した後、発散して光パイプ110に、その内面反射面に所定の発散角度を成して入射する。

【0008】光パイプ110に入射した発散したレーザー光は光パイプ110の内面で反射しながら伝播するので、光パイプ110は光軸と垂直な平面、例えば平面113にレーザー光源101に関する虚像を複数個形成する。

【0009】光パイプ110の光射出面110'では、複数の虚像即ち見掛け上の複数の光源から恰も射出したかのように見える複数のレーザー光束が重ね合わされる。従って、光パイプ110の光射出面110'には強度分布が均一な面光源が形成される。

【0010】コンデンサレンズ105と開口絞り111とフィールドレンズ112とにより光パイプ110の光射出面110'と振幅分割型インテグレートであるフライアイレンズ114の光入射面106とが光学的に共役関係になっている。これによって光射出面110'の均一な強度分布の面光源をフライアイレンズ114の光入射面106上に結像して、フライアイレンズ114の光入射面106に断面の強度分布が均一な光を入射している。フライアイレンズ114は、その光射出面に複数の光源(2次光源)を形成し、不図示のコンデンサーレンズ系が複数の光源からの光束を不図示のレチクル上に重ね合わせて該レチクルのパターン全体を均一な光強度で照明している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】最近の超LSI等の高集積化を図った半導体素子の製造には、回路パターンの焼き付けの際に要求される照度分布の均一性に極めて高いものが要求されている。

【0012】又、露光光として真空紫外域の光を用いる露光装置では、真空紫外域において、使用できる硝材が限定されており、硝材による紫外光の吸収のために透過率が低くなり、そのような場合においては次のような問題点があった。

【0013】光パイプの射出面において均一な面光源を形成するためには、発散光束の内面反射回数が多いほどよい。そのためには径を固定して光パイプの長さを長くすれば良いが、長くすると吸収により透過率が低下してくる。このためにある程度以上の長さにすることができない。

【0014】即ち、透過率を優先すると長さ不足となり結果的に均一な面光源を得るのが難しくなる。

【0015】また光パイプの射出面において均一な面光源を形成するために、光パイプの長さを固定して径を細くすることで、内面反射回数を増やすことが可能であ

る。しかしながら、この場合は光パイプの断面あたりの入射光束のエネルギー密度が増大し、硝材の耐久性が低下してくる。

【0016】即ち、硝材の耐久性を考えるとパイプ径をある程度以上細くすることはできず、結果的に均一な面光源を得ることが難しくなる。

【0017】本発明は本出願人が先に提案した照明装置を更に改良し、例えば光パイプを有する光束混合手段の構成を適切に設定することにより、均一な面光源を得るために必要な内面反射回数を保ち、被照射面上の照度分布の均一化を図ると同時に、透過率をも同時に向上させ、集光効率の向上を図った半導体デバイスの製造装置に好適な照明装置及びそれを用いた投影露光装置の提供を目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の照明装置は(1-1)光源と、光源からの光束を複数の光束に分割する光束分割素子と、光束分割素子から一定の発散角度で発散した複数の光束を各々混合し、該発散角度に応じた角度で射出する光パイプを複数個、束ねた光束混合手段と、該光束混合手段からの複数の光束で照射面を照明する光学手段を有していることを特徴としている。

【0019】(1-2)光源と該光源からの光束を一定の発散角度で射出する射出角度保存光学素子と、該射出角度保存光学素子からの光束を集光する集光光学系と、該集光光学系からの光束を複数の光束に分割する光束分割素子と、該光束分割素子からの複数の光束を混合する光パイプを複数個、束ねた光束混合手段と、該光束混合手段からの光束を所定面上に所望の倍率で投影するズーム光学系と、該ズーム光学系からの光束を多光束に分割する多光束発生手段、そして、該多光束発生手段からの光束を照射面上に重ね合わせて照射する照明手段とを有していることを特徴としている。

【0020】(1-3)光源と、該光源からの光束を複数の光束に分割する光束分割素子と、該光束分割素子からの複数の光束を集光する集光光学系と、該集光光学系からの複数の光束を混合する光パイプを複数個、束ねた光束混合手段と、該光束混合手段からの光束を所定面上に所望の倍率で投影するズーム光学系と、該ズーム光学系からの光束を多光束に分割する多光束発生手段、そして、該多光束発生手段からの光束を照射面上に重ね合わせて照射する照明手段とを有していることを特徴としている。

【0021】特に

(1-1-1)前記ズーム光学系によって前記光束混合手段からの光束を前記多光束発生手段へ投影するときの投影倍率の変化に基づいて、前記光束分割素子を射出角度の異なる光束分割素子に切り替えて、前記多光束発生手段への入射光束の開口数を調整していること。

【0022】(1-1-2)前記射出角度保存光学素子



は複数の微小レンズを2次元的に配列したハエの目レンズより成っていること。

【0023】(1-1-3) 前記光束混合手段は、入射光束を内側反射面を利用して複数の光源虚像を形成し、該複数の光源虚像からの光束が射出面近傍で重なるようにした光パイプを複数個、束ねて構成していること。

【0024】(1-1-4) 前記光束分割素子は、複数の微小レンズを2次元的に配列したレンズアレイより成っていること。

【0025】(1-1-5) 前記ズーム光学系によって前記光束混合手段からの光束を前記多光束発生手段へ投影するときの投影倍率の変化に基づいて、前記光束分割素子への入射光束径の大きさを切り替えて、前記多光束発生手段への入射光束の開口数を調整していること。

【0026】(1-1-6) 前記光束分割素子は、回折光学素子より成っていること等を特徴としている。

【0027】本発明の投影露光装置は  
(2-1) 構成(1-1)の照明装置からの光束によって照明された被照射面上に設けた第1物体面上のパターンを投影光学系により第2物体面上に投影していることを特徴としている。

【0028】本発明のデバイスの製造方法は  
(3-1) 構成(1-1)の照明装置からの光束によりレチクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系によりウエハ面上に投影し、露光した後に該ウエハを現像処理工程を介してデバイスを製造していることを特徴としている。

【0029】

【発明の実施の形態】図1は本発明の照明装置の実施形態1の要部概略図である。同図は照明装置を例として半導体素子(デバイス)製造用の、所謂ステッパーと称される縮小型の投影露光装置に適用したときを示している。

【0030】図中、1は紫外線や遠紫外線等を放射する高輝度の超高圧水銀灯やエキシマレーザ等の光源(光源手段)である。

【0031】11はレーザ光源1からの光束径を所望の形状に変換するビームエキスパンダ、2は射出角度保存光学素子であり、入射光束を射出角度を一定にして射出している。3は集光光学系であり、射出角度保存光学素子2からの光束を集光してレンズアレイ(光束分割素子)12に導光している。レンズアレイ12は複数の微小レンズを2次元的に配列しており、その射出面に複数の2次光源を形成している。4は短い光パイプを複数個、並列的に組み合わせた光束混合手段であり、レンズアレイ12からの光束を混合してその射出面に均一な照度分布を形成している。5はズーム光学系であり、光束混合手段4からの光束を多光束発生手段7の入射面7aに種々の倍率で投影結像している。多光束発生手段7はその射出面7bに均一な照度分布の光源像を形成してい

る。8はコンデンサーレンズ等を含む照射手段であり、多光束発生手段7からの光束を集光してマスクあるいはレチクル等(以下「レチクル」という)の被照射面9を照明している。

【0032】被照射面9に配置したレチクルに描かれたパターンを投影光学系(不図示)により感光基板(ウエハ)上に縮小投影している。

【0033】尚、ズーム光学系5、多光束発生手段7、そして照射手段8は光学手段の一要素を構成している。

【0034】次に図1に示した各要素の構成について説明する。

【0035】射出角度保存光学素子2は図2(A)に示すようにアパーチャ(絞)21とレンズ系22から構成している。そして入射光束が例えば光束27(光軸27a)から光束28(光軸28a)と光軸と直交する方向に微小変動して入射したとしても、それより射出される光束の射出角度29aが一定となる光学性質をもっている。

【0036】また、射出角度保存光学素子2は図2(B)に示すように、複数の微小レンズ23より成るハエの目レンズで構成してもよく、この場合は光束の射出角度29bはハエの目レンズ23の形状により決定される。この場合も入射光束の光軸が微小変動して光束27(光軸27a)又は、光束28(光軸28a)の状態に入射したとしても、射出される光束の射出角度29bが一定となっている。

【0037】光束混合手段4は、図3に示すように、例えば縦横の長さがD'、長さがL'の四角柱状の4つの光パイプ4a、4b、4c、4dを束ねた形状をしている。そして各々の光パイプは照明に適切な光透過性の硝材を用いた硝棒、又は平坦な反射面を中空で内側に平坦な反射面が位置するようにしたパイプ状の光学素子から成っている。

【0038】ここで一般的な光束混合手段4の形状について説明する。例えば図10に示す光パイプ110の径の大きさをD、長さをLとすると、内面反射回数を増やすためには、その比 $R=L/D$ の値を大きくする必要がある。

【0039】そのためには、長さLを大きくするか径Dを小さくするかしなければならないが、従来の問題で述べたように、このことは特に紫外波長域においては、硝材厚による透過率の低下や断面エネルギー密度の上昇による耐久性の低下を招くので、大きさに制限がある。

【0040】今、図10に示すパイプ形状の比 $R=L/D$ にて、均一化が達成されているとすると、その比を保つように形状を変えれば内面反射回数は同じであるから、例えば図10の例における光パイプ110と大きさが比例する細くて短いパイプ4aを使えば、その射出端面の均一性は同じである。

【0041】そこで本実施形態では光束混合手段とし

て、射出端4 outの面積が、所望の大きさになるように、光パイプ4 aと同じ形状の光パイプ4 b、4 c、4 dを束ね、それぞれの入射端面に同じ光量の発散光束を入射するようにしている。これによって、光エネルギー密度を上げることなく結果的に長さの短い光束混合手段4を得ている。

【0042】尚、本実施形態においては光パイプを4本束ねているが、これに限らず2本以上の複数の光パイプを束ねたものを、光束混合手段として用いることができる。多光束発生手段7は複数の微小レンズよりなるハエの目レンズやファイバー束等からなり、その射出面7 bは複数の点光源からなる光源面を形成している。尚、本実施形態において多光束発生手段7とは複数の光学軸を有し、且つ、各々の光学軸を中心として有限な面積の領域を有し、各々の領域において各々1つの光束が特定できるような光学素子をいう。

【0043】次に本実施形態の照明装置の光学的作用について説明する。

【0044】レーザー光源1から射出した光束は、ビームエクspander11とミラーやリレーレンズから成る光束引き回し光学系（不図示）を経て、射出角度保存光学素子2の入射面2 aに入射している。

【0045】射出角度保存光学素子2の射出面2 bから所望の射出角度2'で射出した光束は、集光光学系3により集光されて、射出角度保存光学素子2の射出面2 bに対してフーリエ変換面に入射面12'が略一致するように配置されたレンズアレイ12に導入している。

【0046】本実施形態においては、光束混合手段4は図3に示すように、4本の光パイプ4 a～4 dの束で構成されているので、レンズアレイ12は、4本の光パイプの入射端面4 inに光束を導入できるように4つのレンズにより構成している。

【0047】レンズアレイ12から所望の発散角度12"で発散する等分割された光束は、光束混合手段4に導入している。光束混合手段4に入射した発散光束は、その内面を多重反射しながら通過し光軸と垂直な面内にレーザ光源1の複数の見掛けの光源像を形成している。従って束ねた面を一つとして見た場合の射出面4 outでは、複数の見掛けの光源からあたかも射出したかのように見えるレーザ光束が足し合わされることにより射出面4 outにおける照度分布は均一になる。これについては図5を用いて後述する。この均一な照度分布をもつ射出面4 outを、ズーム光学系5により所望の倍率mで多光束発生手段7の入射面7 a上へ均一光源像6として投影している。ここでいう所望の倍率とは、被照射面9への照射光束の入射角度19が露光に最適な値になるように均一光源像6の大きさを設定する倍率である。

【0048】さて所望の倍率mに対してズーム光学系5への入射角度15により決まる入射側NAをNA'、射出角度16により決まる射出側NAをNA"とすると、

$$NA' = m \cdot NA'' \quad (1)$$

が成立する。ここで出射角度16の大きさは多光束発生手段7の入射NAを越えない範囲で、できるだけ近い値であることが照明効率の観点から望ましいので、射出角度16の値は多光束発生手段7に依存した最適角度に設定している。従って(1)式により示されるように、ある条件における露光に最適な倍率が決まると、光束混合手段4からの射出角度15の最適角度も決まることになる。

【0049】本実施形態では、ズーム光学系5への角度15の値は光束混合手段4へ入射する光束の発散角度に等しく、従ってレンズアレイ12の射出角度12"に依存していることを利用して、レンズアレイ12を照明条件により切り換えることにより達成している。これについては図4を用いて後述する。

【0050】さて、このようにして多光束発生手段7の入射面7 a上に均一光源像6が投影されると、該入射面の強度分布はそのまま射出面7 bに転写されるので、該射出面7 bの強度分布は均一になっている。

【0051】そして多光束発生手段7の各々の微小領域からの射出光束を、照射手段8により被照射面9上に重畳して照射することにより、被照射面9上を全体的に均一な照度分布となるように照明している。

【0052】次に前述したレンズアレイ12の切り換え制御について図4(A)、(B)を用いて詳細に説明する。各図において、12 aは射出角度12' aが小さいレンズアレイであり、12 bは射出角度12' bが大きいレンズアレイである。その他については図1で説明したものと同様である。

【0053】一般に半導体デバイス製造装置に使用される照明装置においては、被照射面9に入射する光束の入射角度を所望の角度に設定することが要求される。本実施形態においてはレンズアレイ12を複数個、用意し、要求に応じてこれを切り替えることにより被照射面への入射角度を所望の角度に設定している。

【0054】図4(A)は、被照射面9に入射する光束の入射角度19 aが比較的小さい場合（これをσ値が小さいと称する）を示している。本実施形態においてσ値を小さくするためには、多光束発生手段7の入射面7 a上に、光束混合手段4の射出面4 outの像6 aを小さい倍率で結像する必要がある。これはズーム光学系5の倍率を変えることにより達成している。前述したように射出角度16 aの値は多光束発生手段7に依存した最適角度に設定される。

【0055】従って(1)式により示されるように、所望のσ値を得るための倍率が決まると、光束混合手段4の射出角度15 aも一意に決まる。射出角度15 aは光束混合手段4を構成する複数個の光パイプの入射面4 inへ入射する光束の発散角12' aによって決まるので、これをレンズアレイ12 aに切り換えて射出角度1

2' aとすることで制御する。以上により照明効率が高く、且つ入射角度19 aの小さい(即ち $\sigma$ 値の小さい)照明を行っている。

【0056】また、図4(B)は上記 $\sigma$ 値が大きい場合の実施形態を示している。この場合は、射出角度12' bが大きなレンズアレイ12 bに切り換えることにより、射出角度12' bを大きくし、これにより光束混合手段4へ入射する光束の発散角度を大きくして、光束混合手段4の射出端4 outから発散する光束の角度15 bを大きくする。そして、射出端4 outの像6 bを大きい倍率で光束混合手段7に投影しても、(1)式の関係から角度16 bは前述の角度16 aとほぼ同じにすることが可能である。以上により照明効率が高く、且つ入射角度19 bの大きい(即ち $\sigma$ 値の大きい)照明を行っている。

【0057】次に光束混合手段4の射出面4 outにおける照度分布が均一になることについて図5に示す1つの光パイプ4 aを用いて詳細に説明する。

【0058】光束混合手段4は、本実施形態において4角柱状の同じ形状の光パイプを複数個束ねたものである。図5ではその内1つの光パイプ4 aについて、その入射光軸を含む断面図を示して説明する。

【0059】まず図1で示したレンズアレイ12(図5では不図示)からの等分割された光束は、焦点P0に一旦収束させたのち、発散角度41を有する発散光束となる。この時、光束がエキシマレーザ光である場合は一般に高出力であるため焦点P0近傍では莫大なエネルギー密度となり、光パイプ4 aのコーティングや硝材そのものを破壊してしまう恐れがあるので、焦点P0から少し距離をおいて光パイプ4 aを配置している。

【0060】光パイプ4 aに入射した上記発散光束は、内側の平坦な反射面を繰り返し反射しながら通過した後、入射した際の発散角度41を保ったまま射出する。この時、各々の部分において反射された光束が反射後も発散しているため、それらの反射された光束は破線により示されているように後方に複数の虚像P1、P2、P3、P4、P5、P6、P7、P8、P9、P10を形成する。

【0061】図5には示していないが、実際には四角柱光パイプの場合は左右(紙面と垂直)内側反射面により反射された発散光束により、上記と同様な虚像が二次元的に更に形成されるので、結果として光源虚像が格子状に配列し、それが多光束発生手段7の微小な一つの要素を形成することになる。

【0062】このことは、多光束発生手段7からの光束を照射手段8により被照射面9上に重畳して照射する際の有効光源数が非常に多いことを示しており、従って被照射面9上を全体的に均一な照度分布となるように照明することに寄与している。

【0063】また、図2で説明したように、射出角度保

存光学素子2によってレーザ光源1からの光束が外乱により微小変動したとしても、射出角度は保存されるので、図5における光源虚像の各々が微小変動するだけであって格子状の虚像列には変動が無く、多光束発生手段7の微小レンズの中の光源像全体をマクロに見たときの変動は殆どない。従って、被照射面9上の照度分布への影響も無視できる程度に小さくなっている。

【0064】このことは、本実施形態がレーザ光源からの光束の変動に対して非常に安定した系であることを示している。

【0065】従って、このような光パイプ4 aと同じ形状の光パイプを複数束ねて構成される光束混合手段4によって、非常に多くの光源虚像を有し、被照射面9上を全体的に均一な照度分布となるように照明している。

【0066】尚、本実施形態において多光束発生手段7と照射手段8を省略し、被照射面9をズーム光学系5で形成する均一光源像6の位置に配置し、レーザ光束を足し合わせるようにしても良い。

【0067】図6は本発明の照明装置を用いた半導体デバイス製造用の投影露光装置の実施形態2の要部概略図である。同図において図1で示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0068】同図において91はレーザ光源1からのコヒーレントな光束を所望のビーム形状に整形するための光束整形光学系である。92はコヒーレントなレーザ光束をインコヒーレント化するためのインコヒーレント化光学系である。また、93は露光装置の投影光学系であり、94はウエハ等の感光材を塗布した感光基板である。図1と同じ番号のものについては説明を省略する。

【0069】レーザ光源1から射出された光束は、ミラーやリレーレンズ(不図示)から成る光束引き回し光学系を経て、光束整形光学系91に入射される。この光束整形光学系91は、複数のシリンドリカルレンズまたは、ビームエキスパンダにより構成されており、光束断面形状の縦横比率を所望の値に変換している。

【0070】そして光束整形光学系91により整形された光束は、ミラー98、99を経てウエハ面94にて光が干渉してスペックルを生じることを防ぐ目的で、インコヒーレント化光学系92に入射され、インコヒーレントな光束に変換される。

【0071】このインコヒーレント化光学系92としては、例えば特開平3-215930号公報に開示されているように、入射光束を光分割面で少なくとも2つの光束(例えばp偏光とs偏光)に分岐した後、一方の光束を光学部材を介して光束の可干渉距離以上の光路長差を与えてから該分割面に再導光し、他方の光束に重ね合わせて射出されるようにした折り返し系を用いて複数の互いにインコヒーレントな光束を形成する光学系を用いている。

【0072】そのようにしてインコヒーレント化された



光束は射出角度保存光学素子2に入射している。

【0073】以下図1ですでに述べた手順により、多光束発生手段7の各々の微小領域からの射出光束は、照射手段8により被照射面9上のレチクルRに重畳して照射され、被照射面9上は全体的に均一な照度分布となるように照明している。

【0074】そして被照射面9上に形成されたレチクルR面上の回路パターン等の情報を有した光束は、投影光学系93により露光に最適な倍率で感光基板94に投影結像して、回路パターンの露光を行っている。

【0075】上記感光基板は不図示の感光基板ステージに真空吸着などで固定されており、紙面上で上下前後に平行移動する機能を持ち、その移動はやはり不図示のレーザ干渉計等の測長器で制御している。

【0076】図7は本発明の照明装置の実施形態3の要部概略図である。同図において図1で示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0077】同図において、1はエキシマレーザ等のレーザ光源、11はレーザ光源からの光束径を所望の形状に変換するビームエキスパンダ、201は光束分割素子であり、入射光束を複数の光束に分岐させるための回折光学素子より成っている。3は集光光学系、4は複数の短い光パイプからなる光束混合手段、5はズーム光学系、7は多光束発生手段、8はコンデンサーレンズ等を含む照射手段、9はマスクあるいはレチクル等の被照射面である。

【0078】同図においてレーザ光源1から射出された光束は、ミラーやリレーレンズ（不図示）から成る光束引き回し光学系を経て、ビームエキスパンダ11に入射し、ここで光束は所望のビーム径202に変換されて、回折光学素子201に入射している。

【0079】回折光学素子202は、透明基板の両面に互いに交差する関係となるように、直線格子を配置したものや、基板の片面に最初から縦横の格子状に格子パターンを作成したものなどを用いている。

【0080】この回折光学素子201により、入射光束は集光光学系3に向かって4方向の光束に分岐している。これは一方向の直線格子により回折された±1次回折光がさらに直交する他方向の直線格子により、±1次回折光に分割されることで、入射光束の光軸に対して軸対称に4方向に分岐している。

【0081】このように分割された4本の光束は、集光光学系3により集光されて、所望の発散角度203の光束として4本の光パイプ束で構成している光束混合手段4に導入している。

【0082】なお本実施形態においては光束混合手段4は4本の光パイプで構成されているが、例えば9本を3×3に束ねるなど、複数の光パイプを用い、それに応じて回折光学素子201の回折方向が最適となるように構成しても良い。

【0083】光束混合手段4に入射された発散光束は、図1で説明したように、照射手段8により被照射面9上に重畳して照射することで、被照射面9上を全体的に均一な照度分布となるように照明している。

【0084】また、レーザ光源1からの光束が外乱により微小変動したとしても、ビーム径202の大きさが変わらずに、光軸が微小変位するだけであるので、発散角度203は保存されており、光源虚像の各々が微小変動するだけであって格子状の虚像列には変動が無く、多光束発生手段7の微小レンズの中の光源像全体をマクロに見たときの変動は殆どない。従って、被照射面9上の照度分布への影響も無視できる程度に小さくなっている。

【0085】このことは、本実施形態がレーザ光源からの光束の変動に対して非常に安定した系であることを示している。

【0086】また、この実施形態は図6で示したように、露光装置に適用できる。

【0087】次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0088】図8は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或は液晶パネルやCCD等）の製造のフローを示す。

【0089】ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0090】一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前行程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。

【0091】次のステップ5（組立）は後行程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。

【0092】ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0093】図9は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0094】ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0095】ステップ17（現像）では露光したウエハ



を現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによりウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0096】本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0097】

【発明の効果】本発明によれば以上のように各要素を設定することにより、均一な面光源を得るために必要な内面反射回数を保ち、被照射面上の照度分布の均一化を図ると同時に、透過率をも同時に向上させ、集光効率の向上を図った半導体デバイスの製造装置に好適な照明装置及びそれを用いた投影露光装置を達成することができる。

【0098】特に本発明によれば、被照射面への光束入射角度を所望の値に設定し、高効率な均一照明を行なうことができる。レーザ光源に依存する光束の変動があっても被照射面への光束入射角度が安定する、比較的吸収の多い硝材を用いても高効率な均一照明ができる、等の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の照明装置の実施形態1の要部概略図

【図2】 実施形態1の一部分の説明図

【図3】 実施形態1の一部分の説明図

【図4】 実施形態1の一部分を交換したときの説明図

【図5】 実施形態1の一部分の説明図

【図6】 本発明の照明装置を用いた投影露光装置の実施形態2の要部概略図

【図7】 本発明の照明装置の実施形態3の要部概略図

【図8】 本発明のデバイスの製造方法のフローチャート

【図9】 ウエハプロセスのフローチャート

【図10】 本出願人の先の提案による照明装置

【符号の説明】

1:レーザ光源

2:射出角度保存光学素子

3:集光光学系

12:光束分割素子

4:光束混合手段

5:ズーム光学系

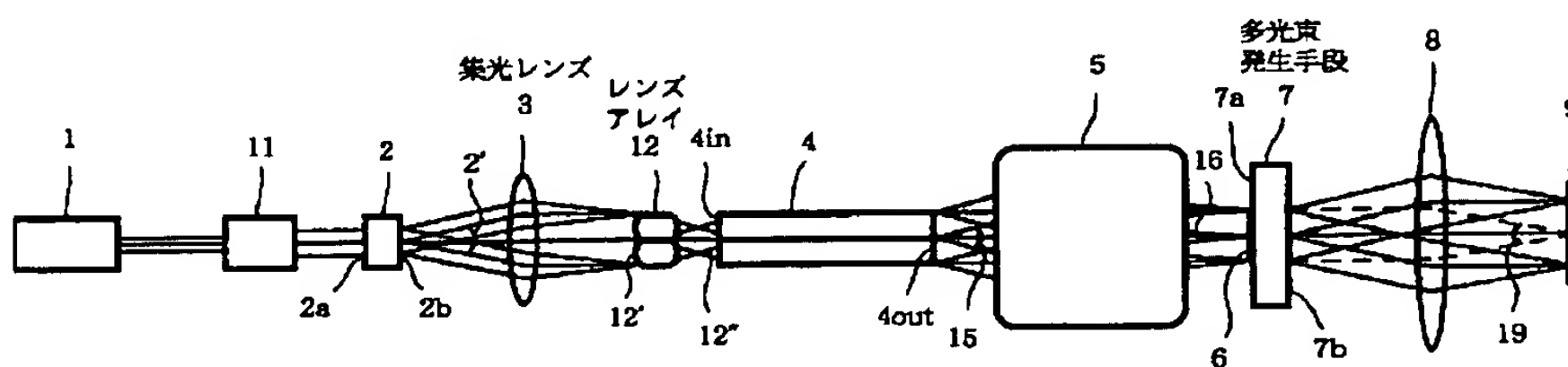
7:多光束発生光学系

8:照射手段

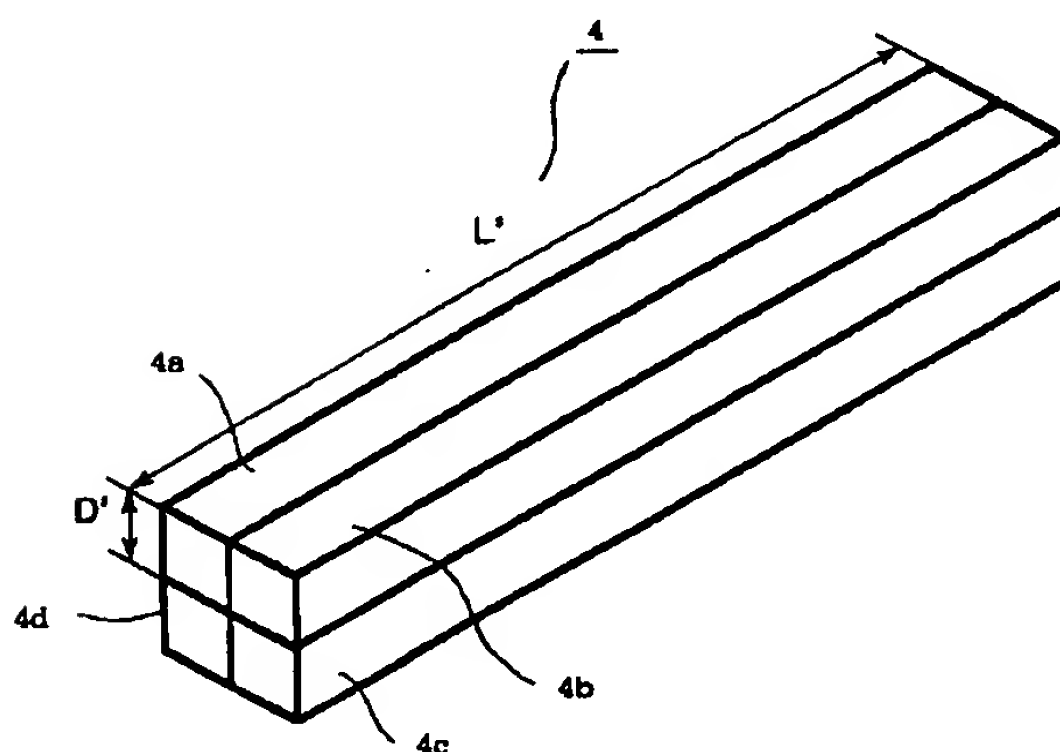
9:被照射面

11:ビームエクspander

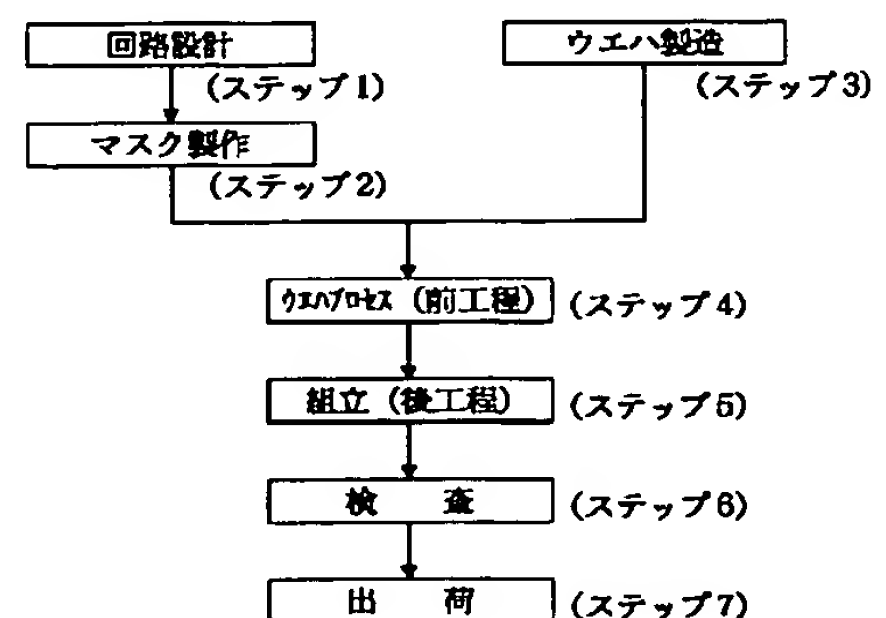
【図1】



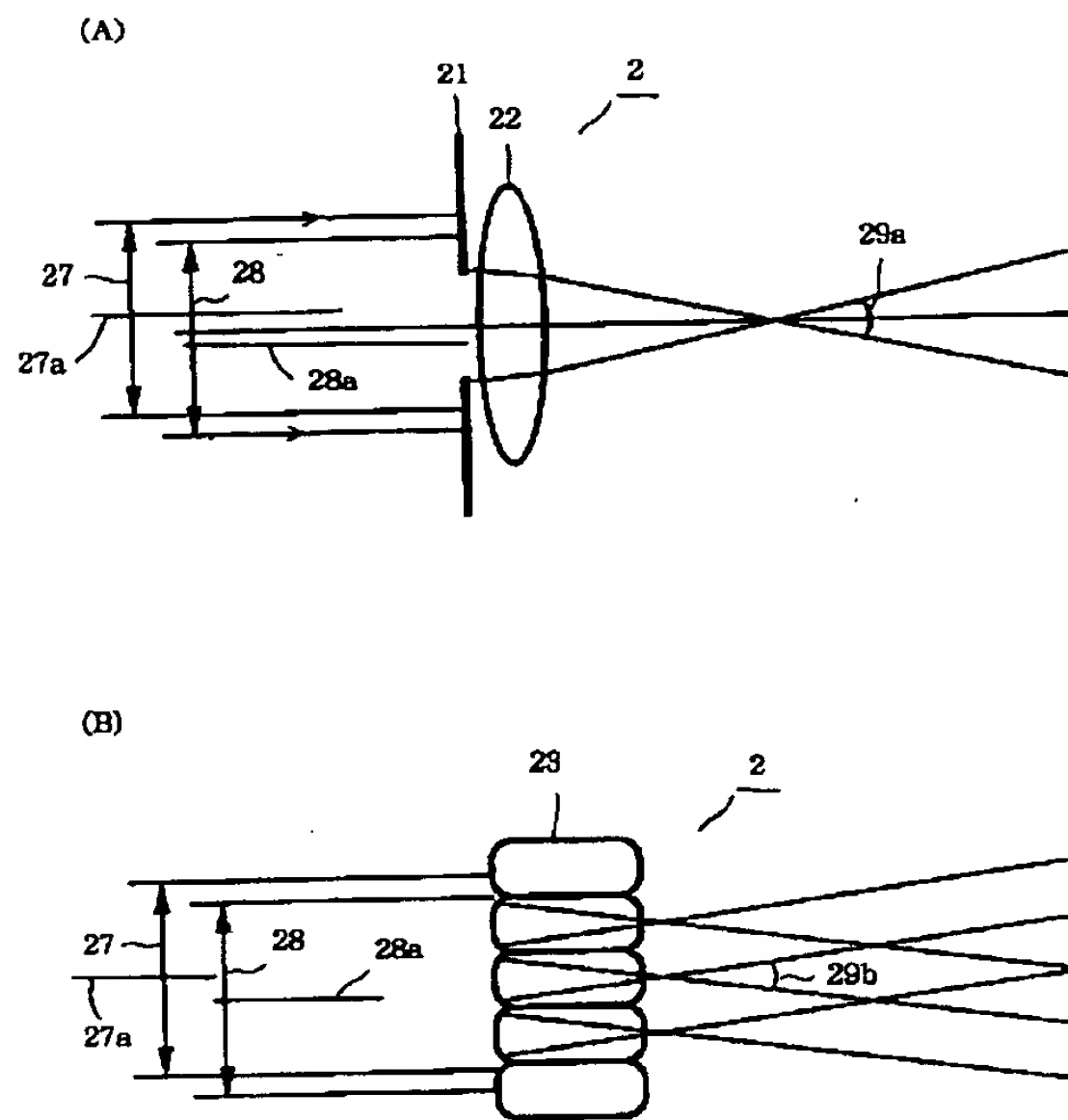
【図3】



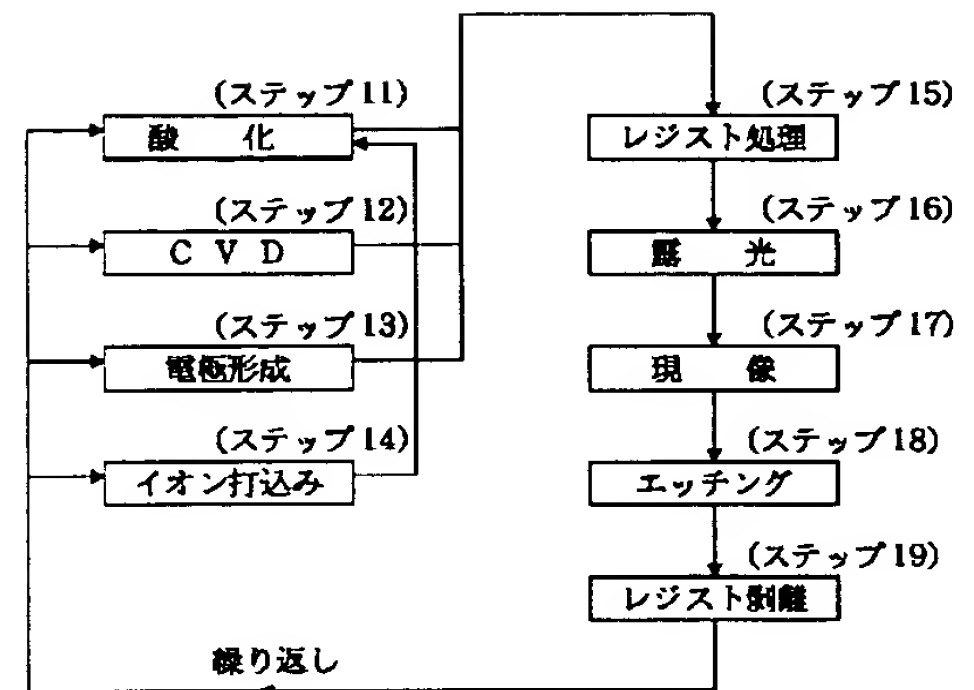
【図8】



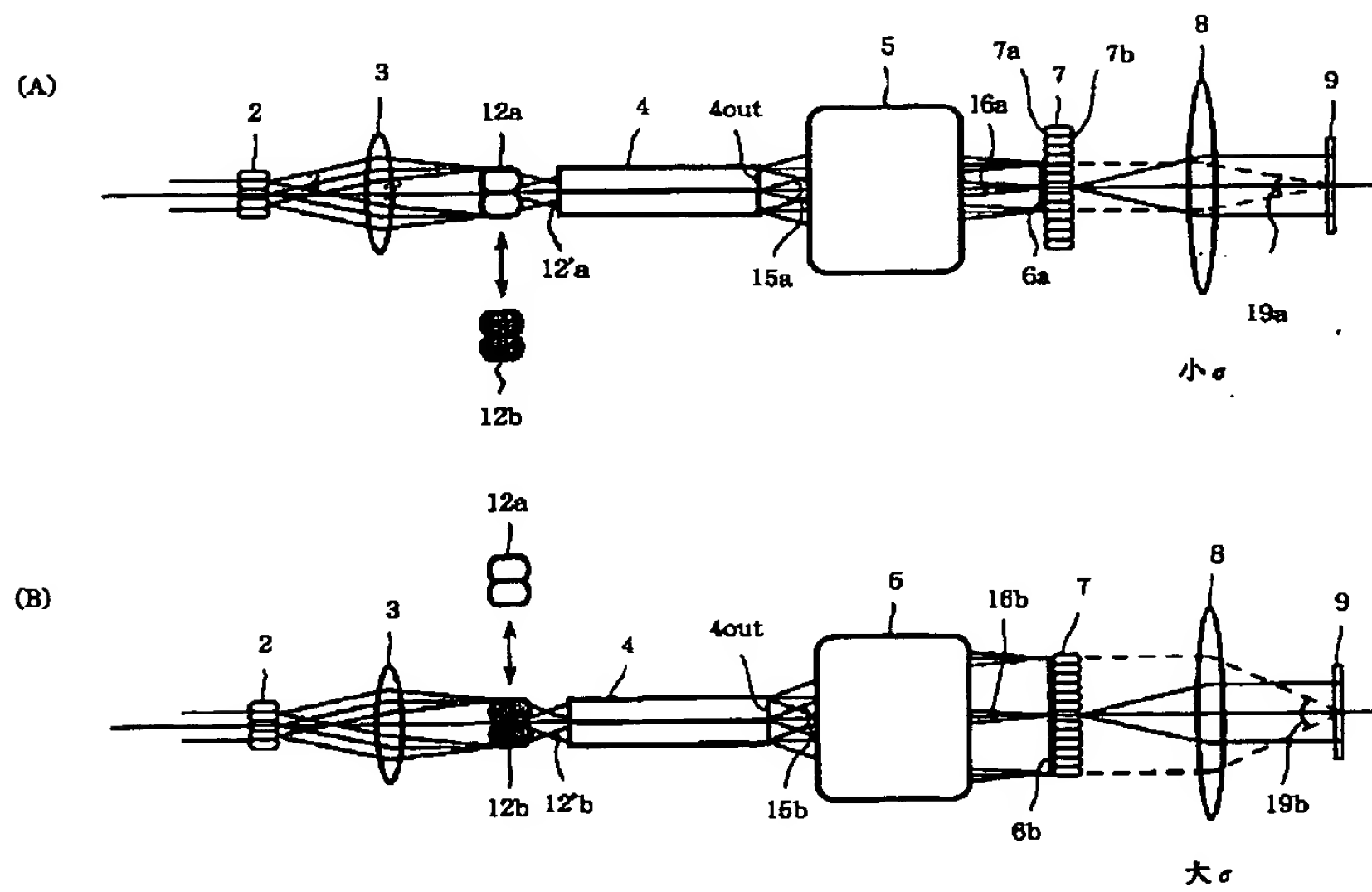
【図2】



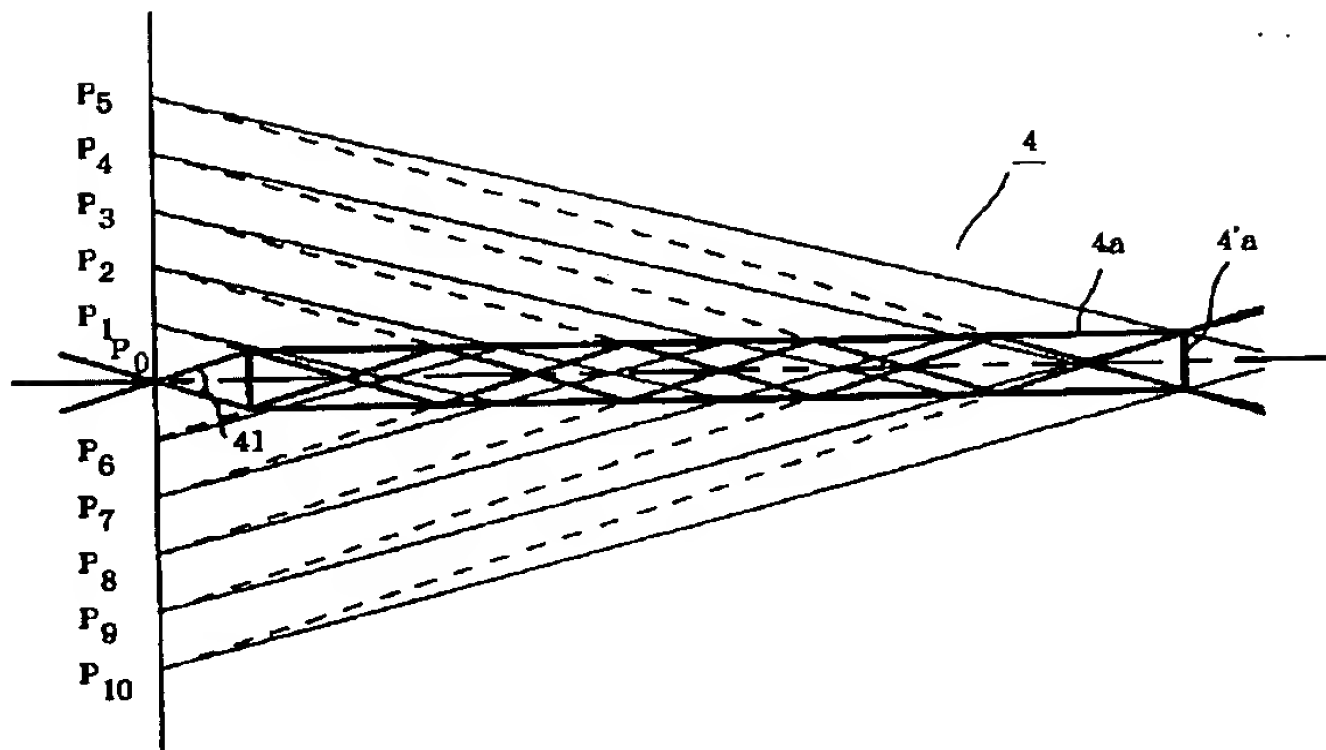
【図9】



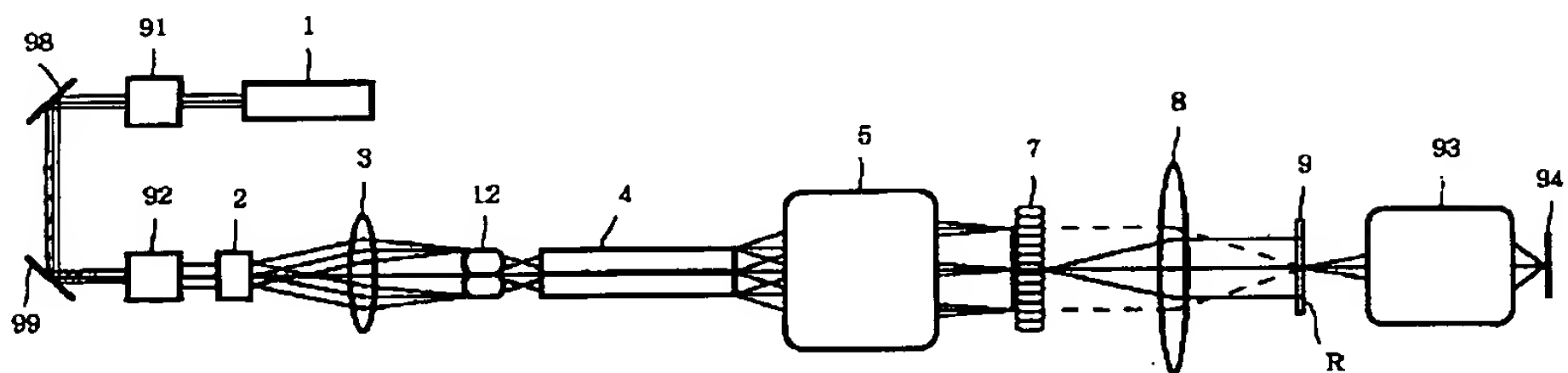
【図4】



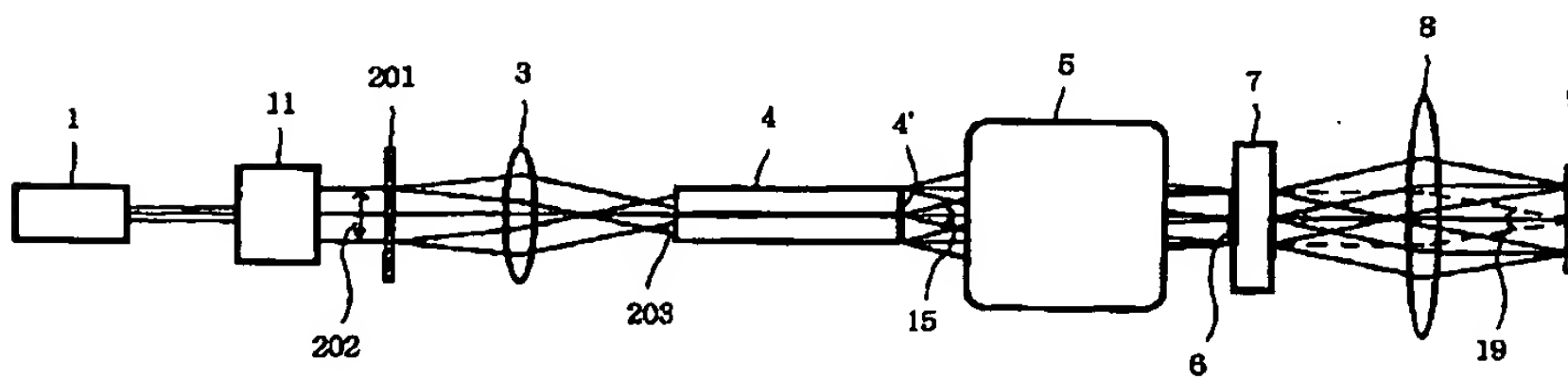
【図5】



【図6】



【図7】





【図 1 0】

